

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до самостійного вивчення  
дисципліни

**«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»**

*(для студентів усіх форм навчання спеціальності  
151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2017**

Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» (для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 22 с.

Укладачі : канд. техн. наук, доц. Я. Б. Форкун,  
канд. техн. наук, доц. М. Л. Глебова,  
канд. техн. наук, доц. Н. О. Сабалаєва

Рецензент д-р техн. наук., проф. А. Г. Сосков

*Рекомендовано кафедрою альтернативної електроенергетики та електротехніки, протокол засідання № 2 від 22.09.2017*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ КІЛ». МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В СТРУКТУРНО- ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ.....	5
1.1 Мета і завдання дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл».....	5
1.2 Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця.....	6
1.3 Розподіл навчального навантаження.....	6
2 МОДУЛЬ – «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ КІЛ»..	8
2.1 ЗМ1 Лінійні електричні кола постійного та змінного струму.....	8
2.2 ЗМ2 Нелінійні електричні та магнітні кола. Електричні кола з розподіленими параметрами.....	14
3 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ.....	17
4 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ.....	20
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	21

## **ВСТУП**

Підвищення якості підготовки молодих спеціалістів тісно пов'язане з розширенням та удосконаленням самостійної роботи студентів у період навчання. Необхідно зазначити, що роль самостійної роботи студентів під час вивчення навчальних дисциплін також суттєво зросла у зв'язку із вступом України в Болонський процес та переходом на кредитно-модульну систему освіти, відповідно до якої обсяг самостійної роботи повинен складати 60 % від загального обсягу необхідних для вивчення дисципліни годин.

Ці методичні вказівки дозволять ще більше інтенсифікувати навчальний процес, перенісши центр тяжіння у навчанні на самостійну роботу студентів, а також урахувати сучасні тенденції розвитку вищої освіти. Вказівки підготовлені на основі робочої програми дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл», яка, зі свого боку, відповідає навчальному плану підготовки бакалавра галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування, спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (напрямок підготовки «Системна інженерія»).

# **1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ». МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ**

## **1.1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»**

*Метою* викладення навчальної дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» є опанування фундаментальними поняттями, теорією та методологією сучасної теоретичної електротехніки, формування наукового світогляду та електротехнічної культури студентів, безпосередньо пов'язаної з їхнім фахом.

*Завдання* дисципліни – підготовка висококваліфікованих спеціалістів, які знають фізичні процеси, що відбуваються в електричних та магнітних колах, уміють аналізувати, розраховувати, синтезувати та проектувати складні системи з використанням комп'ютерного обладнання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- *знати* основні поняття і закони, що стосуються електричних, магнітних й електромагнітних кіл; структурні елементи кіл та параметри, що їх характеризують; основні рівняння, що характеризують стан лінійного електричного кола, та методи його аналізу; явище резонансу у контурах; теорію та методи аналізу перехідних процесів електричних кіл із зосередженими параметрами;

- *уміти* формувати схеми заміщення й топологічні структури електротехнічних об'єктів; обчислювати відповідні параметри ustalених режимів електричних кіл на підставі різних методів аналізу, електромагнітну енергію та її потужність у таких об'єктах; досліджувати методами математичного аналізу та фізичного експерименту явище резонансу; формувати розрахункові схеми заміщення нелінійних електричних, магнітних кіл; використовувати вимірювальні прилади для визначення режимів роботи електричних та магнітних кіл;

- *мати такі компетентності* – базові уявлення про методику вибору тих чи інших вимірювальних пристроїв, за необхідності дослідити режими роботи електричного, електронного чи магнітного кола; здатність створювати математичні моделі лінійних та нелінійних електричних, магнітних кіл; здатність використовувати методи досліджень характеристик та контролю за параметрами елементів електричного кола.

## 1.2 МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на дисципліни:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
Фізика	Основи охорони праці
Вища математика	Переддипломна практика

## 1.3 РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Робоча програма дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл», яка відповідає навчальному плану підготовки бакалавра галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування, спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньої програми «Системна інженерія», передбачає наступний розподіл обсягу навчальної роботи у межах семестру та у межах змістових модулів за типом навчальної роботи для студентів денної та заочної форм навчання (табл. 1.1, 1.2, 1.3.).

Таблиця 1.1 – Загальний розподіл обсягу навчальної роботи студента

Спеціальність, освітня програма	Всього кредитів / годин	Семестри	Години								Іспити (семестри)	Заліки (семестри)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота (СР)	у тому числі				
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи		Контр. Роботи	КП/КР	РГР (семестри) / кількість годин		
Денна форма навчання												
151 – Систем- на інженерія	5/150	6	64	32	32	–	86	–	–	6/30	6	–

Таблиця 1.2 – Розподіл часу за змістовими модулями (денна форма)

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього кредитів/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СР/РГР у тому числі
<b>Модуль 1 (семестр 6)</b>	<b>5/150</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	–	<b>86/30</b>
ЗМ 1	3/90	22	22	–	46/25
ЗМ 2	2/60	10	10	–	40/5

Необхідно зазначити, що у планах-графіках самостійного вивчення змістових модулів, а також у тексті:

- посилання на джерела, йдуть з літерою Л, а посилання на методичні вказівки – із літерою М;

- скорочення ДФН, ЗФН, ЛК, ПЗ, РГР означають відповідно – «денна форма навчання», «заочна форма навчання», «лекція», «практичне заняття», «розрахунково-графічна робота»;

- скорочення О, ОпП, ЗМ, КП, Кр означають відповідно – «опитування» «опитування при прийомі», «змістовий модуль», «контрольні питання», контрольна робота»;

- цифра в стовпчику «Номер теми» – це номер теми відповідного змістового модуля в Програмі та в Робочій програмі навчальної дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл»;

- номери практичних занять відповідають планам практичних занять, що розроблені в Робочій програмі навчальної дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» для студентів спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньої програми «Системна інженерія».

## 2 МОДУЛЬ – «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»

Дисципліна складається з таких змістових модулів (ЗМ):

ЗМ 1.1 – Лінійні електричні кола постійного та змінного струму;

ЗМ 1.2 – Нелінійні електричні та магнітні кола.

### 2.1 ЗМ 1 – Лінійні електричні кола постійного та змінного струму

У першому змістовому модулі дисципліни вивчають лінійні електричні кола постійного і синусоїдного струму, а саме: основні закони, поняття електричних кіл постійного та однофазного синусоїдного струму, методи розрахунку електричних кіл постійного та однофазного синусоїдного струму та їх особливості, резонансні явища в колах синусоїдного струму, методику побудови векторних діаграм, основи теорії чотириполюсників; властивості й методи розрахунку лінійних електричних кіл із джерелами періодичної несинусоїдної напруги або струму, класичний та операторний методи розрахунку перехідних процесів в електричних колах.

У таблиці 2.1 наведений зміст самостійної роботи за цим змістовим модулем – план-графік самостійного вивчення змістового модуля

Після вивчення ЗМ 1 студент повинен знати:

- основні закони електричних кіл;
- методи розрахунку електричних кіл: за законами Кірхгофа, контурних струмів, вузлових потенціалів, суперпозиції, еквівалентного генератора;
- порядок проведення балансу потужностей;
- умови передачі максимальної потужності від активного двополюсника до навантаження;
- основні величини й закони, що характеризують синусоїдний струм й коло синусоїдного струму;
- методи розрахунку кіл синусоїдного струму: тригонометричний та символічний, а також порядок проведення балансу активних і реактивних потужностей;
- графоаналітичний метод аналізу кіл синусоїдного струму, а саме побудову векторно-топографічних діаграм напруги й струму;
- процеси в послідовному й паралельному коливальному контурах (явище резонансу напруг і струмів);
- основні положення теорії чотириполюсників: основні рівняння, первинні й вторинні параметри;
- основні схеми з'єднання трифазних кіл, визначення лінійних і фазних величин;



- методику розрахунку трифазних кіл за симетричного і несиметричного навантаження в нормальному режимі та під час аварійних режимів роботи;
- методику проведення балансу потужностей у трифазних колах;
- графоаналітичний метод розкладання періодичної несинусоїдної кривої в ряд Фур'є;
- порядок розрахунку однофазних кіл із періодичними несинусоїдними джерелами напруги та струму;
- особливості розрахунку трифазних електричних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги;
- основні поняття і закони, що характеризують перехідний процес;
- методику розрахунку перехідних процесів класичним методом;
- методику розрахунку перехідних процесів операторним методом.

### Контрольні запитання

1. Електричне коло і схема: елементи електричних кіл і схем. Лінійне і нелінійне, розгалужене й нерозгалужене електричне коло.
2. Джерела електрорушійної сили (*EPC*) та струму. Еквівалентна заміна реального джерела струму джерелом *EPC* і навпаки.
3. Напруга на ділянці кола. Закон Ома для ділянки кола.
4. Потенціальна діаграма і порядок її побудови.
5. Розрахунок електричних кіл за законами Кірхгофа.
6. Метод вузлових потенціалів та його особливості. Метод двох вузлів.
7. Метод контурних струмів та його особливості.
8. Принцип та метод суперпозиції (накладання).
9. Теорема Тевенена про еквівалентний генератор. Метод еквівалентного генератора.
10. Передача енергії постійного струму від активного двополюсника до навантаження. Узгодження навантаження – умови передачі максимальної потужності
11. Синусоїдний струм і основні величини, що його характеризують. Середнє та діюче значення синусоїдної величини.
12. Синусоїдний струм активного опору, індуктивності та ємності.
13. Тригонометричний метод розрахунку кіл синусоїдного струму.
14. Застосування комплексних чисел для розрахунку кіл синусоїдного струму. Основи символічного методу розрахунку кіл синусоїдного струму.
15. Закони Ома і Кірхгофа в комплексній формі запису.
16. Комплексний опір і комплексна провідність ділянки кола. Зв'язок між опором та провідністю ділянки кола.

17. Порядок побудови векторно-топографічної діаграми.
18. Активна, реактивна та повна потужності.
19. Комплексна форма запису повної потужності. Баланс активних та реактивних потужностей в електричних колах синусоїдного струму.
20. Резонанс напруг і резонанс струмів. Практичне застосування явища резонансу.
21. Передача енергії синусоїдного струму від активного двополюсника до навантаження.
22. Поняття взаємної індукції та індуктивно зв'язаних кіл. Визначення взаємної індуктивності за допомогою експерименту.
23. Послідовне з'єднання двох індуктивно зв'язаних котушок. Векторні діаграми при узгодженому й зустрічному включенні котушок.
24. Визначення чотириполюсника, класифікація чотириполюсників. Основні рівняння чотириполюсників.
25. Коефіцієнти чотириполюсника: знаходження коефіцієнтів чотириполюсника розрахунком і експериментом.
26. Розрахунок електричних кіл із двома індуктивно зв'язаними котушками (паралельне їхнє увімкнення).
27. Трифазна система *EPS*: основні поняття, співвідношення між лінійними і фазними напругами та струмами.
28. Розрахунок схеми «зірка-зірка» із нульовим проводом за симетричного й несиметричного навантаження.
29. Розрахунок трифазного кола «зірка-трикутник» за симетричного й несиметричного навантаження без урахування опорів у лініях.
30. Розрахунок трифазного кола «зірка-трикутник» за симетричного й несиметричного навантаження з урахуванням опорів у лініях.
31. Активна, реактивна та повна потужності трифазного кола. Комплекс повної потужності трифазної системи.
32. Визначення періодичних несинусоїдних струмів і напруг та режими роботи електричних кіл, що призводять до їхнього виникнення.
33. Розкладання у ряд Фур'є кривих геометрично неправильної форми.
34. Середні й діючі значення несинусоїдного струму і напруги. Активна, реактивна, повна потужність і потужність викривлення несинусоїдного струму.
35. Порядок розрахунку струмів й напруг у колах, де діють несинусоїдні джерела напруги або струму. Особливості розрахунку.
36. Вищі гармоніки в трифазних колах. Особливості роботи трифазних систем, що викликані гармоніками, кратними трьом.
37. Визначення перехідних процесів. Закони комутації.
38. Визначення класичного методу розрахунку перехідних процесів.

39. Визначення примусових і вільних складових струмів та напруг; незалежних та залежних початкових умов.

40. Метод вхідного опору для складання характеристичного рівняння.

41. Характер вільного процесу залежно від коренів характеристичного рівняння.

42. Визначення постійних інтегрування у класичному методі розрахунку перехідних процесів.

43. Порядок розрахунку перехідних процесів класичним методом.

44. Визначення операторного методу. Перетворення Лапласа.

45. Послідовність розрахунку перехідних процесів операторним методом.

Після вивчення ЗМ 1 максимальний процент набраних балів складає 30 %. Крім цього, студент повинен засвоїти теоретичний матеріал ЗМ у повному обсязі, написати 5 контрольних робіт (за матеріалом кожної теми – одна робота тривалістю 20 хвилин на відповідному практичному занятті), виконати та захистити першу, другу та треті частини розрахунково-графічної роботи – «Розрахунок складного кола постійного струму», «Розрахунок розгалуженого кола синусоїдного струму; «Розрахунок перехідних процесів у лінійних електричних колах постійного струму».

Процент набраних балів за виконання цих частин розрахунково-графічної роботи нараховується окремо та складає 15 % (max). Максимальний процент набраних балів за виконання усіх чотирьох частин РГР складає 20 %, що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 2.1 – План-графік самостійного вивчення ЗМ1 «Лінійні електричні кола постійного струму та змінного струму»

Номер з/п	Номер теми	Питання, що вивчаються	Лекції, практичні заняття		Індивідуальне завдання (РГР)			Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела)	Форма контролю
			№ ЛК, № ПЗ	МВ	Частина	МВ	Обсяг, години		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	Електричне коло, схема та їх елементи. Закон Ома. Джерела енергії (струму та напруги), їх взаємне перетворення. Закони Кірхгофа. Енергетичний баланс та потенціальна діаграма. Метод контурних струмів, потенціалів, двох вузлів. Особливості застосування методів. Метод еквівалентного генератора. Умови передачі максимальної потужності від джерела енергії до навантаження.	ЛК: № 1,2  ПЗ: № 1,2	М 1, с. 8-23  М 2, с. 5-18	РГР, ч.1	М 3, с. 6-20	7	Л 1, с. 28-70 Л 2 с. 9-55 Л 7 с. 5-6, 23-50	О. за КП під час тестування; О під час захисту РГР, ч.1; Кр №1 ЗМ1
2	2	Визначення синусоїдного струму; діюче та середнє значення синусоїдних величин. Синусоїдний струм резистивного, індуктивного і ємнісного елементів. Тригонометричний та символічний методи розрахунку. Залежності між опором та провідністю ділянки кола. Закони Ома і Кірхгофа у комплексній формі. Векторні і топографічні діаграми. Активна, реактивна, повна потужності, вирази потужності в комплексній формі. Баланс потужностей. Умови передачі максимальної активної потужності. Резонанс при послідовному і паралельному з'єднанні елементів кола. Практичне застосування резонансу. Індуктивно зв'язані елементи кола: поняття взаємної індуктивності, розрахунок кіл із взаємною індуктивністю, знаходження взаємної індуктивності. Чотириполюсник: визначення, класифікація, основні рівняння чотириполюсника, коефіцієнти чотириполюсника і способи їх знаходження.	ЛК: № 3,4  ПЗ: № 3,4	М 1, с. 24-45  М 2, с. 19-31	РГР, ч.2	М 3, с. 21-34	8	Л 1, с. 81-128, . 135-143; Л 2 с. 61-68, 71-100, 105-131, 146-150, 159-168; Л 7 с. 62-90, 126-160, 168-183,	О. за КП під час тестування; О під час захисту РГР, ч.2; Кр №2 ЗМ1
3	3	Основні поняття, визначення, переваги трифазних кіл. Основні схеми з'єднання трифазних кіл та співвідношення між лінійними і фазними величинами. Розрахунок симетричних та несиметричних режимів трифазних кіл для схем «зірка-зірка», «зірка-трикутник». Активна, реактивна, повна потужності в трифазних колах. Вимір потужності. Обертове магнітне поле.	ЛК: № 5,6  ПЗ: № 5,6	М 1, с. 46-53  М 2, с. 32-38	–	–	–	Л 1, с. 184-203; Л 2 с. 169-199; Л 7 с. 119-126	О. за КП під час тестування; Кр №3 ЗМ1

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	Визначення періодичних несинусоїдних струмів (напруг): зображення несинусоїдних струмів і напруг рядами Фур'є, розкладання в ряд Фур'є кривих геометрично правильної та неправильної форми. Особливості розрахунку кіл з несинусоїдними струмами. Діючі й середні значення несинусоїдних струмів та напруг, коефіцієнти, що їх характеризують. Активна, реактивна, повна та потужність викривлення. Несинусоїдні струми у трифазних колах. Особливості роботи трифазних систем, що викликані гармоніками, кратними трьома.	ЛК: № 7,8  ПЗ: № 7,8	М 1, с. 54-68  М 2, с. 38-46	–	–	–	Л 1, с. 204-226; Л 2 с. 200-221; Л 7 195-205	О. за КП під час тестування; Кр №4 ЗМ1
5	5	Визначення перехідних процесів. Закони комутації. Незалежні і залежні початкові умови. Складання характеристичного рівняння, характер вільного процесу в залежності від коренів цього рівняння. Розрахунок перехідних процесів класичним методом. Визначення постійних інтегрування у класичному методі. Розрахунок перехідних процесів операторним методом: перетворення Лапласа, основні положення та порядок розрахунку перехідних операторним методом.	ЛК: № 9,10, 11  ПЗ: № 9,10, 11	М 1, с. 69-84  М 2, с. 46-54	РГР, ч.3	М 3, с. 35-40	7	Л 1, с. 226-249; 252-282; Л 2 с. 234-258; 278-288; Л 7 с. 112-239, 251-274	О. за КП під час тестування; О під час захисту РГР, ч.3; Кр №5 ЗМ1

## 2.2 ЗМ 2 – Нелінійні електричні та магнітні кола.

### Електричні кола з розподіленими параметрами

У другому змістовому модулі дисципліни вивчають властивості нелінійних електричних кіл постійного й змінного струму, методи їхнього розрахунку та аналізу; основні поняття, визначення, закони, розрахунок магнітних постійного та змінного струму; основи аналізу та розрахунку електричних кіл, що містять лінії з розподіленими параметрами.

Після вивчення ЗМ 2 студент повинен знати:

- основні властивості нелінійних електричних кіл постійного й змінного струму;
- методику розрахунку нелінійних електричних кіл постійного струму та нелінійних кіл змінного струму;
- основні поняття та закони магнітних кіл;
- методику розрахунку нерозгалуженого та розгалуженого магнітного кола;
- принцип дії, рівняння, схеми заміщення трансформаторів;
- основні визначення кіл із розподіленими параметрами: первинні та вторинні параметри, характеристики;
- рівняння однорідної двопровідної лінії в гіперболічних функціях;
- поняття лінії без спотворень та лінії без втрат.

#### Контрольні запитання

1. Визначення та основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму.
2. Графоаналітичний метод розрахунку нелінійних кіл постійного струму: за послідовного, паралельного і змішаного з'єднання елементів.
3. Розрахунок нелінійного кола з двома вузлами.
4. Статичний та диференціальний опори нелінійних елементів.
5. Заміна нелінійного елементу лінійним опором і *EPC*.
6. Практичне застосування нелінійних елементів постійного струму.
- Властивості нелінійних елементів за змінного струму.
7. Апроксимація нелінійних вольт-амперних характеристик графоаналітичним методом трьох ординат, ступеневим поліномом і методом трьох ординат.
8. Одно- й двопівперіодне випрямлення змінного струму в постійний.
9. Основні поняття та закони магнітних кіл. Магнітні кола з постійною та змінною магніторушійними силами.
10. Пряма та зворотна задачі розрахунку нерозгалуженого та розгалуженого магнітного кола за постійного струму (потoku).
11. Трансформатор без феромагнітного осердя. Основні його рівняння.

12. Еквівалентні схеми заміщення трансформатора із стальним магнітопроводом.

13. Визначення електричного кола (лінії) та магнітного кола з розподіленими параметрами.

14. Визначення первинних та вторинних параметрів однорідної двопровідної лінії з розподіленими параметрами.

15. Диференціальні рівняння однорідної двопровідної лінії за усталеного синусоїдного процесу.

16. Визначення та характеристики усталеного режиму однорідної лінії.

17. Визначення напруги та струму в будь-якій точці лінії за відомих напруги та струму на початку лінії (рівняння в гіперболічній формі).

18. Визначення напруги та струму в будь-якій точці ліній за відомих напруги та струму на кінці лінії (рівняння в гіперболічній формі).

19. Визначення фазової швидкості та довжини хвилі.

20. Визначення вхідного опору лінії та коефіцієнта відбиття хвилі.

Після вивчення ЗМ2 максимальний процент набраних балів складає 20 %. При цьому, студент повинен засвоїти теоретичний матеріал змістового модуля у повному обсязі, написати 3 контрольні роботи (за матеріалом кожної теми – одна робота тривалістю 20 хвилин на відповідному практичному занятті), виконати та захистити четверту частину розрахунково-графічної роботи – «Розрахунок електричного кола з розподіленими параметрами». Процент набраних балів за виконання цієї частини розрахунково-графічної роботи нараховується окремо та складає 5% (max). Максимальний процент набраних балів за виконання усіх чотирьох частин РГР складає 20 %, що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 2.1 – План-графік самостійного вивчення ЗМ2 «Нелінійні електричні та магнітні кола. Електричні кола з розподіленими параметрами»

Номер з/п	Номер теми	Питання, що вивчаються	Лекції, практичні заняття		Індивідуальне завдання (РГР)			Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела)	Форма контролю
			№ ЛК, № ПЗ	МВ	Частина	МВ	Обсяг, години		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	Визначення та основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму. Графоаналітичний метод розрахунку нелінійних електричних кіл постійного струму: при послідовному, при паралельному і змішаному з'єднанні елементів. Статичний та диференціальний опори нелінійних елементів. Практичне застосування нелінійних елементів постійного струму. Деякі загальні властивості нелінійних елементів при змінному струмі. Апроксимація нелінійних вольт-амперних. Одно- й двопівперіодне випрямлення змінного струму. Ферорезонанс напруги та струму.	ЛК: № 1  ПЗ: № 1	М 1, с. 85-98	–	–	–	Л 1, с. 404-449, 449-461, 492-509; Л 2 с. 386-408, 430-436, 455-458; Л 7 с.	О. за КП, під час тестування, Кр №1 ЗМ2
2	2	Основні поняття та закони магнітних кіл. Пряма та зворотна задачі розрахунку нерозгалуженого та розгалуженого магнітного кола при постійному струмі (потоці). Магнітні кола з постійною та змінною магніторушійними силами. Трансформатори: повітряний, ідеальний, еквівалентні схеми заміщення трансформатора із стальним магнітопроводом.	ЛК: № 2,3  ПЗ: № 2,3	М 1, с. 99-104	–	–	–	Л 1, с. 404-449 Л 2 с. 386-408; Л 7 с.	О. за КП, під час тестування, Кр №2 ЗМ2
3	3	Основні визначення. Первинні параметри. Рівняння однорідної двопровідної лінії. Рівняння однорідної лінії при усталеному синусоїдному процесі. Вторинні параметри однорідної лінії: коефіцієнт розповсюдження, хвильовий опір. Рівняння однорідної лінії в гіперболічних функціях: визначення напруги та струму в будь якій точці лінії при відомих комплексах напруги та струму на початку лінії та при відомих комплексах напруги та струму наприкінці лінії.	ЛК: № 4,5  ПЗ: № 4,5	М 1, с. 105-122	РГР, ч.4	М 3, с. 41-43	8	Л 1, с. 350-369, Л 2 с. 344-364 .	О. за КП, під час тестування, О під час захисту РГР, ч.4; Кр №3 ЗМ2



### 3 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Нижче наведені деякі типові задачі, які дозволяють глибше вивчити теоретичний матеріал.

#### ЗАДАЧА № 1

за темою № 1 ЗМ1 «Основні закони та методи аналізу лінійних електричних кіл постійного струму»

У складному колі постійного струму діють ЕРС:  $E_1 = 125 \text{ В}$ ,  $E_2 = 75 \text{ В}$ ,  $E_3 = 200 \text{ В}$ . Задані опори у вітках кола:  $R_1 = 75 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 150 \text{ Ом}$ . Знайти струми віток кола за законами Кірхгофа, методами контурних струмів, накладання, двох вузлів; методом еквівалентного генератора визначити один із струмів. Провести баланс потужностей і побудувати потенціальну діаграму зовнішнього контуру.

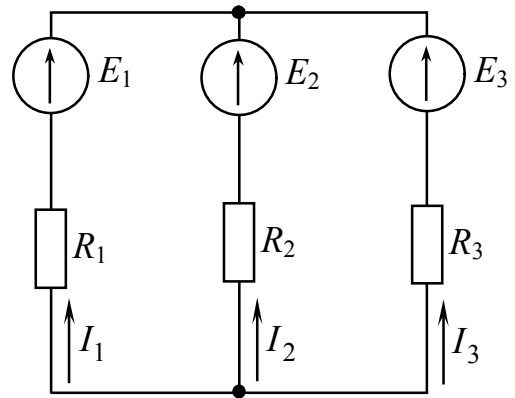


Рисунок 3.1 – Схема досліджуваного кола для задачі № 2

#### ЗАДАЧА № 2

за темою № 2 ЗМ1 «Властивості і методи розрахунку лінійних електричних кіл однофазного синусоїдного струму»

У розгалуженому колі на вході – синусоїдна напруга:  $u = 10 \cdot \sin\left(\omega \cdot t + 90^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}\right)$ , В. Частота мережі  $f = 50 \text{ Гц}$ . Параметри кола:  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 8 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ ,  $L_1 = 25 \text{ мГн}$ ,  $C_2 = 800 \text{ мкФ}$ ,  $C_3 = 800 \text{ мкФ}$ . Визначити  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  $i_3(t)$ ; активну  $P$ , реактивну  $Q$  та повну  $\tilde{S}$  потужності. Побудувати векторно-топографічну діаграму струмів і напруг. Розрахунок проводити комплексним методом.

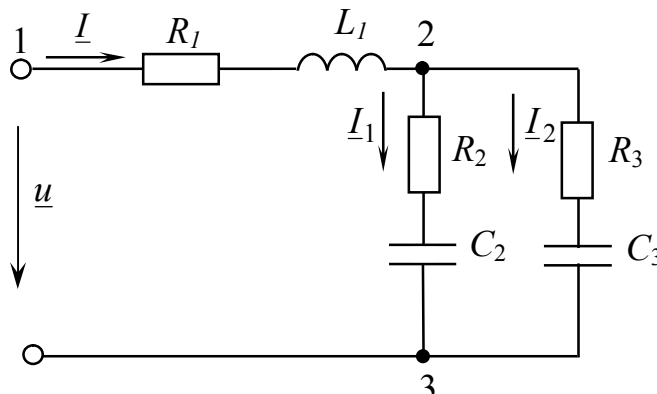


Рисунок 3.2 – Схема досліджуваного кола для задачі

### ЗАДАЧА № 3

за темою № 4 ЗМ1 «Аналіз електричних кіл з несинусоїдними періодичними струмами та напругами»

До затискачів однофазного кола прикладена несинусоїдна напруга:  
 $u(t) = 50 + 200 \cdot \sin(\omega t - 30^\circ) - 150 \cdot \sin(2\omega t + 60^\circ)$ , В. Параметри кола  $X_L^{(1)} = 50$  Ом,

$$X_C^{(2)} = 40 \text{ Ом}, \quad R = 50$$

Ом. Знайти покази приладів електродинамічної системи. Записати миттєві значення (ряди Фур'є) для струму та напруг на елементах  $i(t)$ ,  $u_R(t)$ ,  $u_L(t)$ ,  $u_C(t)$ .

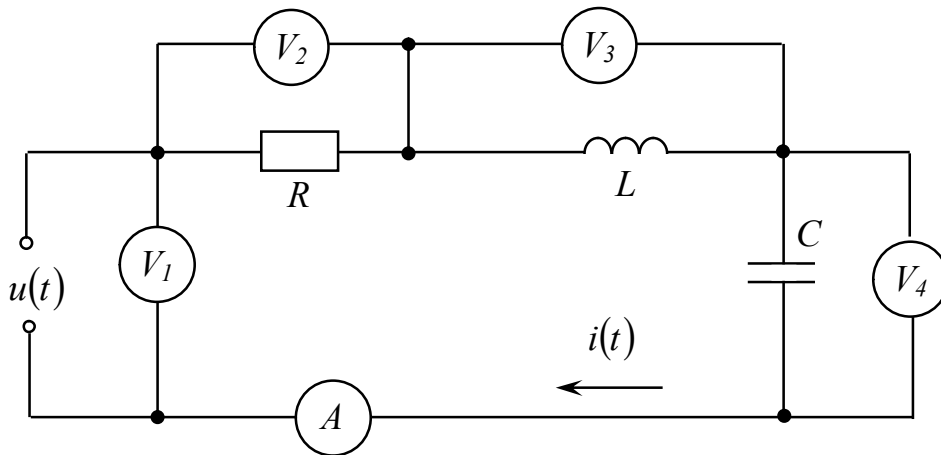


Рисунок 3.3 – Схема досліджуваного кола для задачі

Визначити потужності (активну, реактивну, повну й потужність викривлення).

### ЗАДАЧА № 4

за темою № 3 ЗМ1 «Трифазні електричні кола змінного синусоїдного струму» та  
 № 4 ЗМ1 «Аналіз електричних кіл з несинусоїдними періодичними струмами та напругами»

У трифазному колі діє несинусоїдна періодична система ЕРС. Ряд Фур'є для фази А:  $e_A = 20 \cdot \sin(\omega t - 15^\circ) - 10 \cdot \sin(3\omega t + 10^\circ) + 5 \cdot \sin(5\omega t - 25^\circ)$ , В. Задані параметри кола:  $\underline{Z}_\phi^{(1)} = (15 - j \cdot 15)$  Ом,  $\underline{Z}_0^{(1)} = j \cdot 2$  Ом. Знайти покази приладів електродинамічної системи.

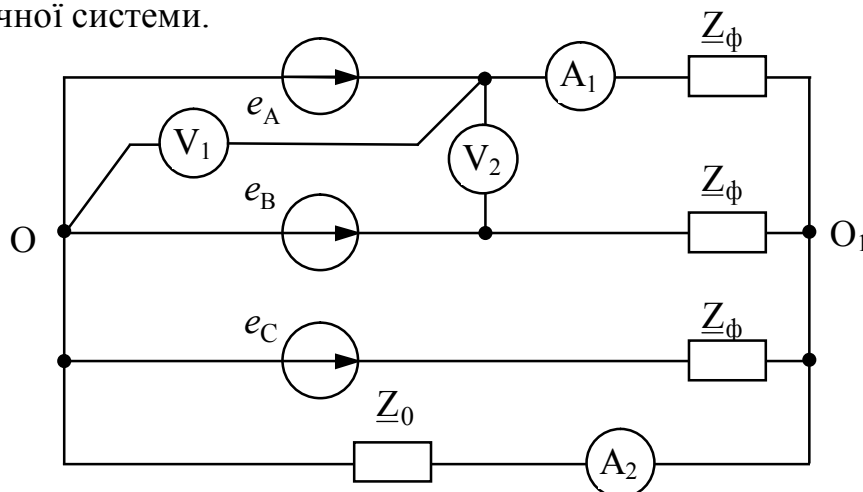


Рисунок 3.4 – Схема досліджуваного кола для задачі

### ЗАДАЧА № 5

за темою № 5 ЗМ1 «Перехідні процеси в лінійних електричних колах»

В розгалуженому електричному колі постійного струму з параметрами  $L = 0,1$  Гн,  $R_1=R_2=R_3=4$  Ом,  $E=12$  В при замиканні ключа  $K$  відбувається перехідний процес. Визначити: струми  $i(t)$ ,  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$  класичним методом; струм  $i(t)$  операторним методом.

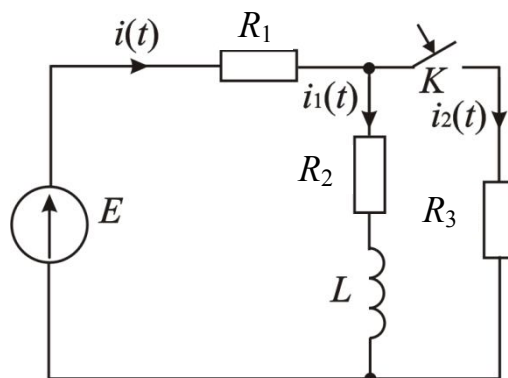


Рисунок 3.5 – Схема досліджуваного кола для задачі № 5

### ЗАДАЧА № 6

за темою № 1 ЗМ2 «Методи аналізу нелінійних електричних кіл»

Визначити струм  $I$  через нелінійний елемент, а також струми в паралельних вітках  $I_1$ ,  $I_2$ , якщо  $E = 36$  В,  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 9$  Ом. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) нелінійного елемента (НЕ) задана у вигляді таблиці.

Таблиця 5.1 – Дані для побудови ВАХ нелінійного елемента

$I$ , А	0	2	4	6	8	10
$U$ , В	0	4	9	15	23	35

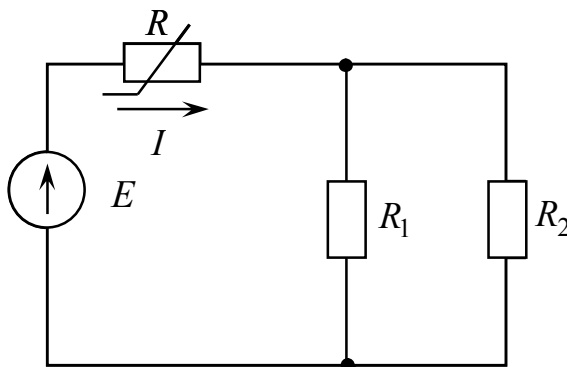


Рисунок 3.6 – Схема досліджуваного кола для задачі №6

### ЗАДАЧА № 7

за темою № 3 ЗМ2 «Лінійні електричні кола, що містять лінії з розподіленими параметрами»

Трифазна лінія передачі електроенергії довжиною  $l=900$  км працює за напруги  $U_n=400$  кВ й частоти  $f=50$  Гц. Первинні параметри лінії:  $R_0 = 0,8$  Ом/км;  $L_0 = 1,336 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;  $C_0 = 8,6 \cdot 10^{-9}$  Ф/км. Втрати  $P_0$  у ізоляції та на корону складають 2000 Вт/км. Визначити вторинні параметри, довжину хвилі та фазову швидкість.

## 4 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Відповідь студента оцінюється за національною шкалою **«відмінно»** або за шкалою ECTS **«А»**, якщо він під час вивчення модуля набрав більше **90–100** включно балів; вільно володіє програмним матеріалом; послідовно дає логічні відповіді на залікові запитання; правильно розв'язує задачу; вільно відповідає на додаткові запитання; володіє логічним мисленням; вільно застосовує ЕОМ під час розв'язання задач.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«В»**, якщо він набрав більше **80–90** включно балів; твердо володіє програмним матеріалом; грамотно і логічно дає відповіді на залікові запитання; під час викладення матеріалу припускається деяких помилок із другорядних питань курсу; правильно відповідає на додаткові запитання; правильно розв'язує задачу; упевнено працює з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«С»**, якщо він набрав більше **70–80** включно балів; твердо володіє програмним матеріалом; грамотно і логічно дає відповіді на залікові запитання; під час викладення матеріалу припускається помилок із другорядних питань курсу; правильно відповідає на додаткові запитання; правильно розв'язує практичну задачу, але допускає помилки у одиницях вимірювання або суто математичні помилки; уміє використовувати готові програмні системи під час розв'язання задач.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«D»**, якщо він набрав більше **60–70** включно балів; володіє основним програмним матеріалом; припускає деякі неточності у формулюваннях та виводах основних залежностей; зазнає ускладнень під час відповідей на додаткові запитання; правильно, але не до кінця розв'язує задачу; уміє працювати з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«Е»**, якщо він набрав більше **50–60** включно балів; посередньо володіє основним програмним матеріалом; допускає неточності під час формулювання основних залежностей; не до кінця розв'язує задачу; має слабкі навички роботи з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з можливістю повторного складання»** або **«FX»**, якщо він набрав більше **25–50** включно балів; слабо володіє основним програмним матеріалом; допускає грубі помилки під час формулювання, визначення й під час виведення основних залежностей; на додаткові запитання відповідає невпевнено і неправильно; практичну задачу не розв'язує до кінця; навички роботи з ЕОМ слабкі.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»** або **«F»**, якщо він набрав від **0** до **25** включно балів; не володіє основним програмним матеріалом; не розв'язує практичну задачу; навички роботи з ЕОМ слабкі.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

### Основні джерела

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник / Л. А. Бессонов. – М. : Гардарики, 2002. – 640 с.
2. Основы теории цепей : учебник / [Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, Н. Н. Нетушил та ін]. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
3. Паначевний Б. І. Загальна електротехніка. Теорія і практикум : підручник / Б. І. Паначевний, Ю. Ф. Свергун. – Київ : Каравела, 2004. – 440 с.
4. Основы теории кіл : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Ю. О. Коваль, Л. В. Гринченко, І. О. Милютченко, О. І. Рибін. – Харків: Компанія СМІТ, 2008. – 432 с.
5. Перхач В. С. Теоретична електротехніка. Лінійні кола : підручник / В. С. Перхач. – Київ : Вища школа, 1992. – 439 с.
6. Булашенко А. В. Теорія електричних та магнітних кіл : навч. посібник / А. В. Булашенко. – Суми : Вид-во СумДУ, 2009. – 398 с.
7. Шебес М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей / М. Р. Шебес, М. В. Каблукова. – М. : Высшая школа, 1990. – 544 с.

### Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (напрямок 6.050201 – Системна інженерія) / Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 124 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (напрямок 6.050201 – Системна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 56 с.
3. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (напрямок 6.050201 – Системна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 45 с.

*Виробничо-практичне видання*

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
до самостійного вивчення  
дисципліни

## **«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»**

*(для студентів усіх форм навчання спеціальності  
151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології)*

Укладачі: **ФОРКУН** Яна Борисівна,  
**ГЛЄБОВА** Марина Леонідівна,  
**САБАЛАЄВА** Наталія Олегівна

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 539 М

---

Підп. до друку 07.09.2017 Формат 60 × 84/16  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,3  
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.